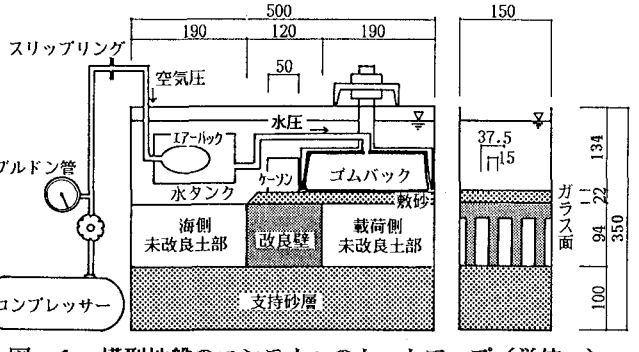
III－52 深層混合処理工法による着底型壁状改良地盤の安定性に関する遠心力模型実験装置を用いた研究
－ 改良地盤の境界外力と底面反力 －

竹中技術研究所　○鈴木吉夫　馬場崎亮一　鈴木善雄
中央大学理工学部　藤井斉昭

１．まえがき　筆者等は、堅固な砂地盤に支持された着底型の壁状深層混合処理改良地盤の設計手法に関し、ケーソン護岸が設置された海底軟弱粘性土地盤のモデルを作製し、遠心力模型実験装置を用いて載荷実験を実施している[1),2)]。本報では護岸背面および裏埋め土部での急速載荷による改良地盤の側面の水平外力（土水圧）および改良地盤底面の反力に関し、実験結果と設計計算手法との対応性について報告する。

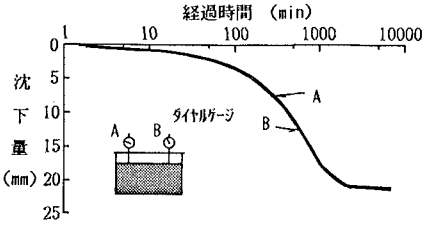
２．モデルの作製手順および実験方法　ａ）地盤モデル　堅固な砂層は締固めた豊浦標準砂，軟弱粘土層は柳井港（山口県）の粘性土[1)]を所定圧で浸透圧密したものである（図－１）。図－２は粘土層の圧密沈下－時間曲線，図－３は含水比分布であり、粘土層は圧密終了状態にある。

ｂ）改良地盤モデル（図－４）　圧密された粘土層に壁状改良地盤の形状をしたケーシングを押込み、内部の粘土を廃土する。ケーシングを除去し、底面に圧力計を取付けたベークライト板および側面に圧力計を取付けたアクリル角柱を開口部内に設置した後、開口部の空隙部を石膏で充填させて、壁状改良地盤とする。壁は４枚作製し、試料容器のガラス側壁側から２枚目の壁に圧力計を取付けた。

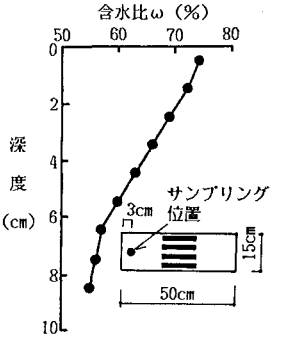


図－１　模型地盤のコンテナへのセットアップ（単位mm）

ｃ）護岸モデル　改良地盤部および裏埋め土部の天端に豊浦標準砂を敷き（2.2 cm厚）、散弾を中詰したステンレス板製ケーソン模型（50W ×70H ×150Lmm，3.9kgf）を設置した。



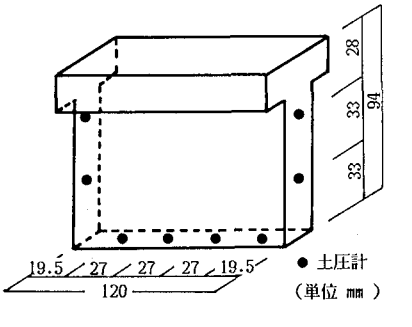
図－２　粘土層の圧密沈下－時間曲線



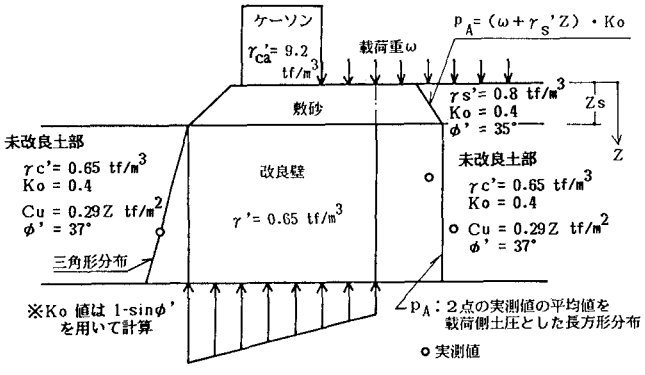
図－３　粘土層の含水比分布

ｄ）実験方法　地盤の上に水を張り、裏埋め土部に載荷用バルーンを取付け、空気圧を水圧に変換してバルーンを膨らませることで、裏埋め土部の地表面に等分布荷重を加えた（載荷速度＝2.6 ～2.8tf/㎡/min）。模型の変形は、写真撮影により計測した。実験した遠心力の加速度は 60 g である。

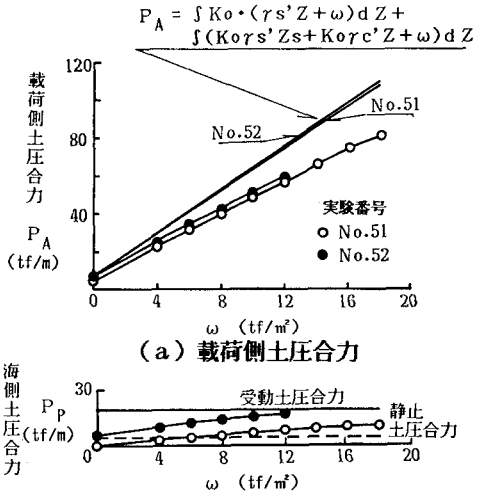
３．実験結果とその考察　ａ）改良地盤の側面の水平外力　改良地盤側面の圧力計の値を用いて、側面に作用する土水圧合力を推定したのが図－６である。推定方法は図－５に示す。図－６（ａ）は載荷側の合力PA で、丸印のプロットで表した。２回の実験結果はほぼ同一値を示している。写真撮影による測定では、改良地盤の水平変位はほぼゼロと判断されたので、砂層部はKo 土圧、粘性土部はKo 土圧からKo 状態のまま非排水状態が載荷中保持されたとして、図中の式により計算した側面合力を示したのが実線である。測定値は計算値の 80 %である。改良地盤の水平変位＝0 の前提が厳密には成り立たないかもしれない点が 20 %



図－４　改良地盤の圧力計設置位置

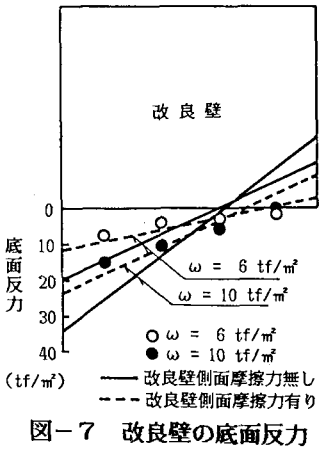


図－５　反力計算用の外力および土質定数

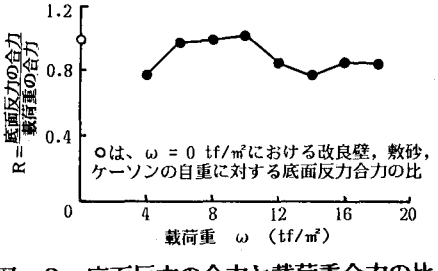


図－６　側面土圧合力と載荷重合力の関係

の不一致の原因の一つと考えられる。同図（ｂ）は海側の合力Ｐｐ である。２回の実験結果の間には初期値に６tfの差があるがほぼ同一勾配で増加しており、増分値には再現性がある。図中に、Ko 土圧および受動土圧の合力を示した。実測値Ｎｏ.５２（●印）の初期値はKo 土圧合力値に近く、載荷側の実測値と同様に初期値がKo 状態にあることを示している。載荷重ωの増大に伴って、合力Ｐｐ は受動土圧合力計算値に向かって増大しており、改良地盤が何等かの水平変位を生じていることが予想される。しかし写真を用いた測定では検出できなかった。　ｂ）改良地盤の底面鉛直反力　底面反力測定値の載荷重ω＝0 tf/㎡時点からの増分値を用いて底面反力増分合力を求め、各載荷重での合力との比の値Ｒを求めたのが図－８である。ω＝ 6,8, 10 tf/㎡ではＲ＝1 で反力と載荷重がよく対応している。ω＞10 tf/㎡ではＲ＜1 となっている。底面に微小なスベリの発生あるいは底面のせん断応力の増大などが理由と考えられる。ω＝ 6,10tf/㎡での圧力計値を、ω＝0 tf/㎡からの増分値でプロットしたのが図－７である。側面圧力計測定増分値をベースに側面外力増分合力を決め、それを用いて現行設計計算法により底面反力を計算したのが同図中の実線である。前趾圧は設計計算値が測定値の 1.5～ 2倍の値になっている。すなわち、底面反力増分合力はほぼ妥当な値を示しているにもかかわらず、その分布形は実測値と計算値で異なっている。同様の結果は他にも報告されており[3]、不一致の理由の一つに側面摩擦力の影響が考えられている[3]。そこで今回の結果に、側面摩擦力を考慮（砂層部は静止土圧× tanφの74%，粘土層部は粘着力の76%）[3] して計算した反力が図－７の破線であり、測定値と良い一致を示している。



図－７　改良壁の底面反力



図－８　底面反力の合力と載荷重合力の比

４．まとめと今後の課題　　護岸の基礎に支持型壁状改良地盤を用いた場合、背面での急速載荷に伴う載荷側土圧は、改良地盤の変位が微小ならばKo 土圧・非排水状態保持での土圧増分で説明できる。海側土圧はKo 土圧から受動土圧に向かって増加してゆく。底面反力は、設計計算法で側面摩擦力を考慮すれば、計算値と実測値はほぼ一致する。しかし摩擦力の設定方法に関する研究および、改良地盤の微小変位と境界外力および反力の関係の研究が今後の課題である。

（参考文献）1)鈴木，他；深層混合処理工法による改良地盤の破壊機構に関する研究，第41回土木学会講演概要集，1986　2)鈴木，他；深層混合処理工法による着底型壁状改良地盤の安定性に関する遠心力載荷装置を用いた研究，第42回土木学会講演概要集，1987　3)寺師；遠心力載荷実験手法とその適用例，昭和60年度港湾技術研究所講演会，1985.12